

Хоров О.Г.¹, Марцуль Д.Н.^{1,3}, Никита Е.И.¹, Ракова С.Н.¹, Головач Е.И.¹, Петровский А.А.²,
Вашкевич М.И.²

¹ Гродненский государственный медицинский университет, Гродно, Беларусь

² Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь

³ Гродненская областная клиническая больница, Гродно, Беларусь

Khorov O.¹, Martsul D.^{1,3}, Nikita E.¹, Rakova S.¹, Golovach E.¹, Petrovski A.², Vashkevich M.²

¹ Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

² Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus

³ Grodno Regional Clinical Hospital, Grodno, Belarus

Аппаратный аудиологический скрининг детей младшего школьного возраста в Гродненской области с использованием программного обеспечения Petralex

Apparate Audiological Screening of Primary School Age Children in Grodno Region Using Software Petralex

Резюме

Современные мобильные мультимедийные устройства – смартфоны и планшеты, обладают всеми необходимыми ресурсами для создания на их базе приложения для скринингового исследования слухового анализатора. Использование нашего опыта внедрения и применения аудиологического скрининга новорожденных в Гродненской области в 2008–2018 гг. при скрининговом исследовании детей младшего школьного возраста с использованием программного обеспечения Petralex показало эффективность его применения. Достигнуты сопоставимые с другими авторами результаты специфичности и чувствительности аппаратного аудиологического скрининга, при этом преимуществом данного метода являются его дешевизна и доступность для применения на любом современном смартфоне. Применение данной методики позволило выявить патологию слухового анализатора в обследуемой группе на ранних стадиях. Последующее использование программного обеспечения Petralex для скринингового исследования детей младшего школьного возраста позволит повысить выявляемость патологии слухового анализатора у детей, не прибегая к значительному привлечению человеческих ресурсов и финансовых затрат.

Ключевые слова: аудиологический скрининг, дети младшего школьного возраста, исследование слуха, снижение слуха у детей.

Abstract

Modern mobile multimedia devices – smartphones and tablets, have all the necessary resources to create an application for screening research of the auditory analyzer on their base. The use of our experience in the implementation and use of audiological screening of newborns in the Grodno region in 2008–2018 in a screening study of children of primary school age using the software

Petralex showed the effectiveness of its use. The results of specificity and sensitivity of hardware audiological screening, comparable with other authors, have been achieved, while the advantage of this method is its low cost and availability for use on any modern smartphone. The use of this technique allowed us to identify the pathology of the auditory analyzer in the examined group in the early stages. The subsequent use of the Petralex software for a screening study of children of primary school age will increase the detectability of the auditory analyzer pathology in children without resorting to significant human resources and financial costs.

Keywords: audiological screening, primary school age children, hearing research, hearing loss in children.

■ ВВЕДЕНИЕ

Снижение слуха является актуальной проблемой в современном обществе. По данным Всемирной организации здравоохранения, около 466 млн человек (более 5% населения мира) страдают потерей слуха, 34 млн из них – дети. Если не будут предприняты меры, то к 2030 г. инвалидизирующей потерей слуха будет страдать почти 630 млн человек, к 2050 г. их число может превысить 900 млн [13].

Ожидается, что распространенность снижения слуха значительно возрастет в ближайшие десятилетия в связи с демографическими изменениями, увеличением подверженности различным факторам риска [5, 11, 14].

Многие из причин, приводящих к потере слуха, можно предотвратить. Особенно это касается детей, где эта цифра составляет более 60%. В то же время снижение слуха у детей – это не только проблема здоровья, но и серьезное препятствие для получения образования, причина психоэмоциональных и речевых расстройств [14].

Согласно рекомендациям по проведению скрининга нарушений слуха в период детства (Всемирная организация здравоохранения, 2008) имеются 4 основные причины его проведения: продолжение неонатальной программы по показаниям; проведение «отсеивания», как при поступлении в школу; выявление случаев позднего начала прогрессивного заболевания; исследование всех детей с проблемами в обучении или поведении [15].

Хотя демографические данные трудно интерпретировать, последние результаты показывают, что распространенность потери слуха у детей школьного возраста составляет от 11,3 до 14,9% [8, 10]. Используя эти статистические данные, в среднем 131 из каждой 1000 детей школьного возраста имеет некоторую степень потери слуха, которая потенциально может повлиять на общение, обучение, психосоциальное развитие и успеваемость [7].

Самым эффективным методом выявления патологии слухового анализатора является внедрение региональных либо общенациональных скрининговых программ [15].

Скрининг населения является важным инструментом в практике общественного здравоохранения. Его специфика – это изучение здоровых или кажущихся здоровыми людей. Задачей скрининга является идентификация болезни на ее доклинической, бессимптомной стадии [11, 15].

Комиссия изучения хронических заболеваний (США) определила скрининг как предварительную идентификацию невыявленного заболевания или недостатка с помощью быстрых и простых в проведении тестов, исследований или иных процедур. Скрининг делит популяцию на людей с положительным и отрицательным результатом теста (вероятно больной или вероятно здоровый). По принятому определению людям с подозрением на заболевание (положительный результат теста) следует дополнительно пройти лабораторное и клиническое подтверждение диагноза и найти возможные варианты лечения [15].

Основные критерии, которые должны быть соблюдены перед проведением скрининга в отношении любого состояния, четко определенные, имеют фундаментальное значение для обеспечения целостности процесса скрининга в любой стране [8, 10, 15].

Понимание фундаментальности этих критериев, их взаимосвязь с факторами должны быть соблюдены перед разработкой и последующим

Таблица 1
Резюме критериев скрининга (Национальный комитет по скринингу Великобритании)

Категория	Критерий
Состояние	Искомое состояние должно быть важной проблемой здоровья, анамнез которого, включая развитие от скрытого до выраженного заболевания, должен быть правильно понят. Необходимо, чтобы состояние имело узнаваемую скрытую или раннюю симптоматическую стадию
Диагноз	Должен существовать подходящий диагностический тест, безопасный и приемлемый для охваченной популяции. Должна быть согласована политика, основанная на надежных результатах теста и национальных стандартах, определяющих, кого следует считать пациентами, а весь процесс должен быть непрерывным
Лечение	Для лиц, у которых выявлены заболевания или предболезненные состояния, должно существовать признанное и установленное лечение или вмешательство, а также должно быть доступно оборудование для лечения
Стоимость	Стоимость выявления случаев заболевания (включая диагностику и лечение) должна быть экономически сбалансирована с возможными расходами на медико-санитарную помощь в целом

Таблица 2
Факторы и критерии скрининга согласно Кокрейн и Холланд (Cochrane and Holland)

Фактор	Критерии
Простота	Тест должен быть легким для использования, простым для интерпретации и, насколько возможно, доступным для проведения парамедицинским (фельдшерским) и другим персоналом
Приемлемость	Так как участие в скрининге добровольное, тест должен быть приемлемым для тех, кто является его объектом
Точность	Тест должен давать точное определение состояния или исследуемого симптома
Стоимость	Стоимость теста должна учитываться в связи с преимуществами раннего выявления заболевания
Повторяемость	Тест должен давать согласующиеся результаты в повторяющихся испытаниях
Чувствительность	Тест должен давать положительный результат в случае наличия искомого состояния у обследуемого индивида
Специфичность	Тест должен давать отрицательный результат в случае отсутствия искомого состояния у обследуемого индивида

внедрением и проведением скрининга в отношении любого состояния, имеют определяющее значение для обеспечения целостности процесса скрининга в любой стране [11, 15].

Предложенная нами ранее схема выполнения аппаратного аудиологического скрининга новорожденных четко соблюдала общемировые тенденции и послужила основой для выполнения данного исследования [12].

Нарушение слуха может возникнуть самостоятельно или в сочетании с другими нарушениями. Младенцы, рожденные с факторами риска и/или другими нарушениями, имеют повышенную вероятность того, что у них также может произойти потеря слуха (ASHA, 1994; Объединенный комитет по слуху у младенцев [JCHN], 1994, 2000).

Проверка слуха у детей школьного возраста является неотъемлемым инструментом для выявления детей с потерей слуха, которые не были идентифицированы при рождении и были потеряны для последующего наблюдения, либо у которых потеря слуха возникла в более поздний период. Без обязательных рутинных проверок слуха в школах ученики с односторонней, менее тяжелой или постнеонатальной потерей слуха не могут быть идентифицированы или будут неправильно обследованы и пролечены. Усилия по обеспечению согласованных протоколов, проверке обучения и последующему наблюдению в школьном возрасте помогут обеспечить своевременное выявление и реабилитацию детей с потерей слуха и тем самым минимизировать возможные негативные последствия [11].

Ребенок с потерей слуха испытывает как слуховую, так и сенсорную депривацию и ее влияние на общение, обучение и психосоциальное развитие. Поэтому эффективное управление потерей слуха должно учитывать медицинские, коммуникационные, образовательные и психосоциальные аспекты. Дети с APD (Auditory processing disorder) часто демонстрируют сходное поведение и испытывают те же проблемы общения, обучения и психосоциальные проблемы, что и дети с потерей слуха [7].

В мировой литературе имеются публикации о выполнении пилотных программ по проведению аппаратного аудиологического скрининга детей младшего школьного возраста. Однако выполнение таких программ связано с необходимостью использования специального дорогостоящего оборудования, вовлечения обученных специалистов и требует значительных финансовых и человеческих затрат [8, 10].

В 2001 г. Институт физиологии и патологии слуха (Варшава) провел несколько эпидемиологических и скрининговых исследований, ориентированных на детей, начинающих свое школьное образование. Первые экспериментальные исследования были проведены в 2006 г. у детей 12–13 лет, что соответствует возрасту первого класса средней школы (гимназии) в польской системе образования. Всего за 4 недели в Варшаве было обследовано 12 026 детей из 221 школы [8].

Результаты этих исследований позволили оценить тесты и системы, которые могут быть использованы для скрининга. По итогам пилотного проекта было принято решение, что программа широкого скрининга должна сосредоточиться на детях, обучающихся в первом классе начальной школы. Это самая младшая возрастная группа, где

исследователи могут охватить почти всех детей в одном месте, что является важным, экономит время и сокращает финансовые затраты [8].

При исследовании тем же оборудованием в 2010–2011 гг. учеников первых классов школ западных регионов Польши положительные результаты (по крайней мере тест не прошел на одной частоте <20 дБ HL) получены у 13,9% обследованных (выборка из 71 454 детей) [10].

Однако по-прежнему оставалась актуальной и не была решена проблема доступности аудиологического скринингового исследования. Скрининг предусматривал использование специального оборудования, что затрудняло его внедрение в повседневное использование.

Также до конца остается неясным, какой метод исследования органа слуха использовать в каждом определенном возрасте ребенка.

Примерно 20% детей в возрасте от 3 до 5 лет, как правило, не могут пройти аудиологический скрининг с помощью классической тональной аудиометрии, потому что процедура ее проведения требует от них последовательно выполнить простую задачу в ответ на звук или поднять руку. Чтобы обеспечить проверку всех детей, необходимо либо приобрести дополнительное оборудование для скрининга методом определения вызванной отоакустической эмиссии, либо провести обучение персонала по проведению обеих процедур [1, 8, 10].

Сравнение анализа выполнения аппаратного аудиологического скрининга методом ОАЭ и с использованием тональной аудиометрии показывает как преимущества, так и недостатки обеих предложенных методик (ASHA, 2018). В то же время обе методики не позволяют решить

Таблица 3
Сравнение методик выполнения отоакустической эмиссии и тональной аудиометрии

ОАЭ скрининг	Скрининг ТА
Определяет функцию наружных волосковых клеток улитки (большинство случаев постоянной потери слуха) и информирует о состоянии слухового анализатора от наружного уха до НВК	Предоставляет информацию о состоянии всего слухового пути – индикатор способности ребенка к ответу: слушай и отвечай
Может быть использован в любом возрасте	Не может быть достоверно использован у детей до 3-летнего возраста, у 20% детей 3–5 лет невозможно получить достоверный ответ
Не требует вербального общения с обследуемым	Требуется вербального общения с обследуемым, не требует навыков чтения
Может выполняться автоматически	Требуется внимания ребенка, проводится в отдельной комнате
Не требует обучения ребенка	Требуется предварительного обучения ребенка ответу на звуковой стимул
Требуется от исследователя постоянного контроля за выполнением исследования для получения ответа	Требуется от исследователя постоянного контроля за подачей стимула для получения ответа
Необходима дополнительная аппаратура, обученный персонал	Необходима дополнительная аппаратура, обученный персонал
Большое влияние на результат состояния наружного/среднего уха (временная/флюктуирующая потеря слуха)	Небольшое влияние на результат состояния наружного/среднего уха (временная/флюктуирующая потеря слуха)
Может проводиться в любом тихом помещении	Может проводиться в приспособленном тихом помещении

вопрос выделения дополнительных средств на обучение и найм персонала для проведения скрининга и закупку специализированного дорогостоящего оборудования [9].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработка этапа скрининга детей младшего школьного возраста для выявления лиц с нарушением слуха с использованием программного обеспечения Petralex на основе опыта внедрения и использования аудиологического скрининга новорожденных в Гродненской области в 2008–2018 гг.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения аппаратного аудиологического скрининга детей младшего школьного возраста была использована программа Petralex, разработанная специалистами УО «БГУИР» и адаптированная к использованию на кафедре оториноларингологии УО «ГрГМУ» в рамках заключенного договора о сотрудничестве.

Современные мобильные мультимедийные устройства – смартфоны и планшеты, обладают всеми необходимыми ресурсами для создания на их базе приложения для скринингового исследования слухового анализатора. Все они оборудованы цифровыми процессорами, микрофонами, имеют возможность подключения наушников и гарнитур, а операционные системы позволяют создавать приложения, использующие аппаратное обеспечение этих устройств [4].

На основе тех же принципов, которые заложены в аудиометрах и цифровых слуховых аппаратах, реализована и линейка приложений Petralex, включающая в себя программу для скринингового исследования слухового анализатора, настраиваемый слуховой аппарат, мультимедийные проигрыватели и другие приложения для пользователей со сниженным слухом [2, 3].

Любой современный смартфон оснащен аудиоподсистемой, с помощью которой можно генерировать звуковые сигналы с частотой дискретизации 44 100 Гц, что более чем достаточно для реализации на нем тестов тональной аудиометрии. Для получения усредненного порога слышимости выполняется калибровка, в процессе которой для данного телефона и данного вида наушников определяются пороги слышимости у 10 здоровых молодых людей с хорошим слухом. Полученные результаты усредняются и принимаются за «усредненный порог слышимости».

В процессе подготовки к исследованию была проведена определенная организационно-методическая работа с использованием наработок коллектива исследователей в рамках внедрения аппаратного аудиологического скрининга новорожденных в Гродненской области в 2008–2018 гг., подготовлен совместный приказ Главного управления здравоохранения и УО «Гродненский государственный медицинский университет» № 884/229 «Об организации аппаратного аудиологического скрининга детей младшего школьного возраста».

В соответствии с вышеуказанным приказом были определены следующие учреждения образования для проведения первого

этапа скрининга: УО «СШ № 23 г. Гродно» и учреждения образования г. п. Зельва Зельвенского р-на.

При выборе школ для проведения скрининга учитывалось их расположение с целью экспериментальной оценки двух вариантов проведения скрининга – среди учеников областного центра и небольшого районного центра Гродненской области и сравнения двух его моделей: в школе областного центра и в региональной школе.

Тестирование слуха выполнялось отдельно для правого и левого уха методом тональной аудиометрии на частотах 125, 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000 и 8000 Гц. В качестве тестового сигнала подавался тональный сигнал заданной частоты с нарастающей амплитудой. В момент, когда пользователь начинает слышать тон, он нажимает кнопку на экране смартфона.

Все результаты прохождения тестирования сохраняются на смартфоне и могут быть высланы по электронной почте в формате таблицы Excel. Идентификационные данные (фамилия и имя ребенка, класс, школа, город) вносились исследователем в базу данных программы с использованием интерактивной клавиатуры смартфона непосредственно перед исследованием с письменного согласия родителя (законного представителя) ребенка. Затем ребенку разъяснялись основные принципы предстоящего исследования и предоставлялась возможность пройти исследование самостоятельно в присутствии специалиста. По итогам исследования программа формировала и выводила на экран ответ, прошел или не прошел ребенок тест и тональную аудиограмму на правое и на левое ухо по воздушному типу звукопроводения (рис.1, 2).

В рамках подготовки к проведению первого этапа скрининга правилам пользования приложением Petralex были обучены специалисты кафедры оториноларингологии и глазных болезней УО «ГрГМУ».

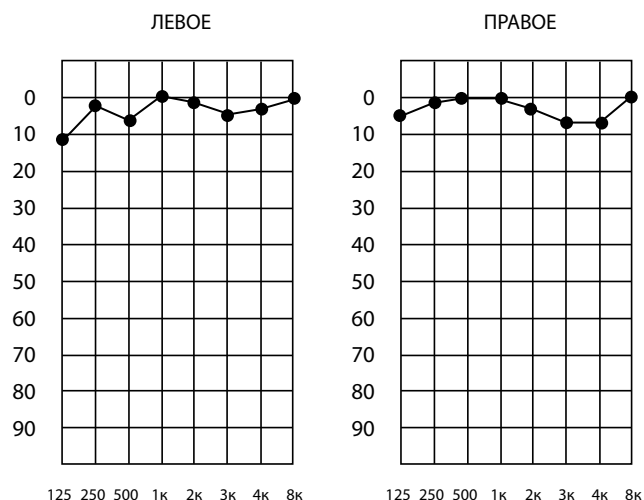


Рис. 1. Результаты проведенного скринингового исследования, отображаемые на экране смартфона (прошел тест)

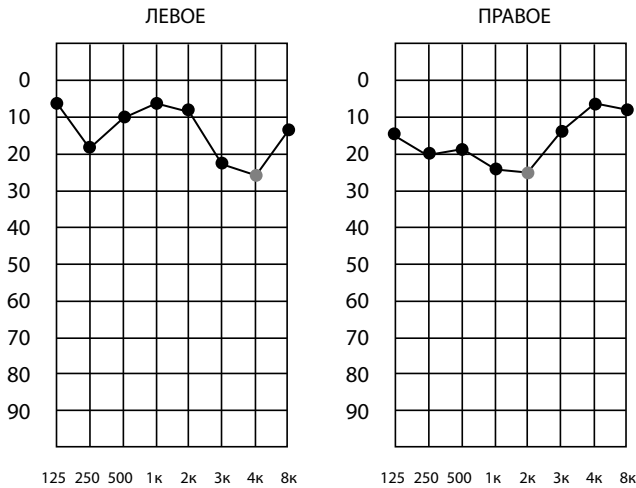


Рис. 2. Результаты проведенного скринингового исследования, отображаемые на экране смартфона (не прошел тест)

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Специалистами учреждений образования было получено информированное согласие родителей по проведению скрининга, всего получено 514 согласий родителей, в учреждениях образования г. п. Зельва 248 согласий и 266 согласий в УО «СШ № 23 г. Гродно». Был разработан рабочий план по проведению скрининга.

За период с 01 сентября по 31 декабря 2018 г. выполнено 450 скрининговых аудиологических исследований слуха (900 ушей): в учреждениях образования г. п. Зельва 208 исследований (416 ушей), в УО «СШ № 23 г. Гродно» 242 исследования (484 уха).

Были обследованы дети, обучающиеся в 1–4-х классах указанных учреждений образования, общий процент обследованных детей от общего количества подлежащих обследованию составил 68,91% (450 из 653 в абсолютных числах).

Обязательным условием проведения исследования было получение информированного согласия от родителей на его проведение. При отсутствии такого согласия данное исследование ребенку не проводилось.

Важно отметить, что количество проведенных исследований существенно превышало количество исследованных ушей. Это связано с тем, что ребенок не с первого раза понимает смысл исследования, просит повторить исследование, так как в первый раз выполнял его неправильно. Особенно это касалось детей первых классов. По нашему

Таблица 4
Общее количество обследованных детей

Обследовано детей	Всего	СШ № 23	г. п. Зельва
	450	242	208

Таблица 5

Количество обследованных детей от подлежащих обследованию

	Подлежало обследованию	Обследовано	Процент охвата
Всего	514	450	87,55
СШ № 23 г. Гродно	266	242	90,98
г. п. Зельва	248	208	83,88

Таблица 6

Разбивка обследованных детей по классам

	1-й класс	2-й класс	3-й класс	4-й класс
Всего	129	119	96	106
СШ № 23 г. Гродно	74	55	40	73
г. п. Зельва	55	64	56	33

мнению, это наблюдение следует учитывать при определении расчета времени для проведения сплошного аппаратного скрининга на третьем этапе его проведения.

Выявлено 42 ребенка с подозрением на патологию слухового анализатора: 20 детей (35 ушей – 16 правых, 19 левых) в учреждениях образования г. п. Зельва, 22 ребенка (33 уха – 15 правых, 18 левых) в УО «СШ № 23 г. Гродно». Общий процент детей с подозрением на патологию слухового анализатора составил 9,33% (9,62% в учреждениях образования г. п. Зельва, 9,09% в УО «СШ № 23 г. Гродно»).

Таблица 7

Количество обследований к количеству обследованных детей

	Количество обследований	Количество обследованных детей	Коэффициент повторения
Всего	616	450	1,37
СШ № 23 г. Гродно	315	242	1,30
г. п. Зельва	301	208	1,45

Таблица 8

Коэффициент повторения в зависимости от класса

	1-й класс	2-й класс	3-й класс	4-й класс
Всего	1,61	1,34	1,25	1,22
СШ № 23 г. Гродно	1,58	1,15	1,23	1,18
г. п. Зельва	1,65	1,5	1,27	1,30

Таблица 9

Выявлено детей с патологией в зависимости от возраста

	1-й класс	2-й класс	3-й класс	4-й класс
Всего	23	9	8	2
СШ № 23 г. Гродно	14	2	5	1
г. п. Зельва	9	7	3	1

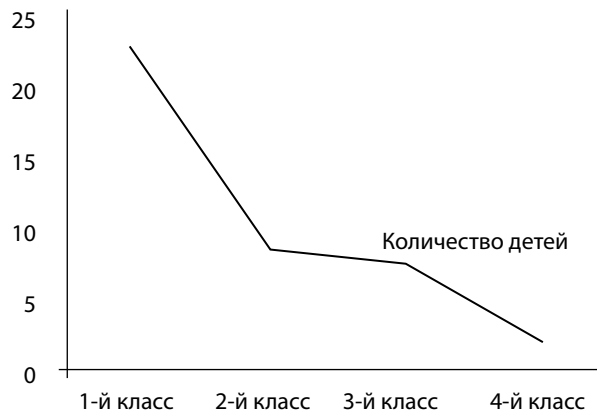


Рис. 3. Диаграмма распределения детей с патологией слухового анализатора в зависимости от класса

Таблица 10

Процент детей с подозрением на патологию слухового анализатора в зависимости от класса (всего)

	1-й класс	2-й класс	3-й класс	4-й класс
Всего детей	129	119	96	106
Дети с подозрением на патологию	23	9	8	2
Процент	17,8	7,56	8,3	1,89

Таблица 11

Процент детей с подозрением на патологию слухового анализатора в зависимости от класса (СШ № 23 г. Гродно)

	1-й класс	2-й класс	3-й класс	4-й класс
Всего детей	74	55	40	73
Дети с подозрением на патологию	14	2	5	1
Процент	18,92	3,64	12,50	1,37

Таблица 12

Процент детей с подозрением на патологию слухового анализатора в зависимости от класса (г. п. Зельва)

	1-й класс	2-й класс	3-й класс	4-й класс
Всего детей	55	64	56	33
Дети с подозрением на патологию	9	7	3	1
Процент	16,36	10,94	5,36	3,03

Таблица 13

Результаты углубленного аудиологического исследования детей, не прошедших скрининг, СШ № 23 г. Гродно

	Подлежало обследованию	Обследовано	Процент охвата
Всего	22	22	100

Таблица 14

**Результаты углубленного аудиологического исследования детей (выявленная патология),
СШ № 23 г. Гродно**

Выявлено детей с патологией		Процент от не прошедших скрининг
Всего	11	50
Патология наружного уха	6	27,3
Патология среднего уха	5	22,7
Сенсоневральная патология	0	0
Смешанная (кондуктивная и сенсоневральная) патология	0	0

Таблица 15

**Результаты углубленного аудиологического исследования детей, не прошедших скрининг,
г. п. Зельва**

	Подлежало обследованию	Обследовано	Процент охвата
Всего	20	20	100

Таблица 16

**Результаты углубленного аудиологического исследования детей (выявленная патология),
г. п. Зельва**

Выявлено детей с патологией		Процент от не прошедших скрининг
Всего	12	60,0
Патология наружного уха	8	40,
Патология среднего уха	3	15
Сенсоневральная патология	1	5
Смешанная (кондуктивная и сенсоневральная) патология	0	0

Таблица 17

Результаты углубленного аудиологического исследования детей, не прошедших скрининг (всего)

	Подлежало обследованию	Обследовано	Процент охвата
Всего	42	42	100

Таблица 18

Результаты углубленного аудиологического исследования детей (выявленная патология) (всего)

Выявлено детей с патологией		Процент от не прошедших скрининг
Всего	23	54,8
Патология наружного уха	14	33,3
Патология среднего уха	8	19,1
Сенсоневральная патология	1	2,4
Смешанная (кондуктивная и сенсоневральная) патология	0	0

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные мобильные мультимедийные устройства – смартфоны и планшеты, обладают всеми необходимыми ресурсами для создания на их базе приложения для скринингового исследования слухового

анализатора. Применение нашего опыта внедрения и использования аудиологического скрининга новорожденных в Гродненской области в 2008–2018 гг. при скрининговом исследовании детей младшего школьного возраста с использованием программного обеспечения Petralex показало эффективность его применения.

Обращает на себя внимание достигнутый высокий процент прошедших скрининг от согласившихся на его проведение (87,55%). В особенности это касается районного центра (83,88%), где вся скрининговая программа проводилась двумя специалистами в течение одного рабочего дня.

Наибольшее количество выявленных детей с подозрением на патологию слухового анализатора приходится на 1-е классы школ (17,8% от всего количества обследуемых). Общее же количество детей, не прошедших скрининг, составило в абсолютных числах 42 из 450 (9,34%).

Также обращает на себя внимание, что количество проведенных исследований существенно превышало количество исследованных ушей (в 1,37 раза). Особенно это касалось детей первых классов (в 1,61 раза). Ребенок просил повторить исследование, так как в первый раз выполнял его неправильно. По нашему мнению, это наблюдение следует учитывать при определении расчета времени для проведения сплошного аппаратного скрининга на третьем этапе его проведения. В последующем для ознакомления с программой нами был предложен видеоролик, в котором ребенок заранее мог ознакомиться с тем, как и какое исследование ему предстоит пройти и в чем польза от его прохождения.

Обращает на себя внимание, что в областном центре чаще по сравнению с жителями районного центра выявлялась патология среднего уха (2,1% к 1,4%).

При оценке чувствительности и специфичности метода обращает на себя внимание тот факт, что более чем у половины детей, выявленных при проведении скрининга с подозрением на патологию слухового анализатора, она была подтверждена на последующих этапах диагностики (54,8%).

В целом полученные нами результаты по проведению аппаратного аудиологического скрининга сопоставимы с таковыми у других авторов [1–5], однако имеют существенное преимущество в дешевизне метода, доступности и универсальности в его применении.

Последующее использование программного обеспечения Petralex для скринингового исследования детей младшего школьного возраста позволит повысить выявляемость патологии слухового анализатора у детей на ранних стадиях, не прибегая к значительным финансовым затратам и рационально используя имеющийся кадровый потенциал.

■ ЛИТЕРАТУРА

1. American Speech-Language-Hearing Association. Practice Portal/Childhood Hearing Screening [Electronic resource]. Available at: <http://www.asha.org/Practice-Portal/Professional-Issues/Childhood-Hearing-Screening/>. Date of access: 01.03.2019.

2. Azarov I., Petrovskii A., Kozlova S. (2014) Sistema korrektsii sluha na mobil'noi vichislitel'noi platforme Informatika [Hearing correction system on the mobile computing platform Informatics], no 2 (42), pp. 6–25.
3. Azarov I., Petrovskii A. (2014) *Realizatsiya sluhovogo apparata na mobil'noi vichislitel'noi platforme* [The implementation of the hearing aid on a mobile computing platform]. *Tsifrovaya obrabotka signalov i ee primeneniye: trudi 16-i mezhdunar. konf. Rossiya, Moskva, 26–28 marta, 2014 g.* [Digital signal processing and its application: works of 16 international conference. Russia, Moscow, 26–28 March 2014]. Moskva, vol. 1, pp. 151–155.
4. Azarov I., Vashkevich M., Petrovskii A., Kozlova S. (2014) Sistema korrektsii sluha na mobil'noi platforme [Hearing correction system on a mobile platform]. *Informatika*, vol. 2, pp. 5–24.
5. Dobretsov K., Shumilin A., Zhuikova T. (2014) Audiologicheskii skринing detei mladshogo shkol'nogo vozrasta v Krasnoyarske [Audiological screening of children of primary school age in Krasnoyarsk]. *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie*, no 6, pp. 68–70.
6. Jerger J. (2007) Editorial – Otoacoustic Emissions: The New Gold Standard? Otoacoustic emissions: the new gold standard? *Journal of the American Academy of Audiology*, vol. 18 (9), pp. 724.
7. Hall J.W., Swanepoel D.W. (2010) *Objective Assessment of Hearing*. San Diego: Plural Publishing, Inc., pp. 45–46.
8. Mueller-Malesinska M., Skarzynski H., Oltarzewski M., Szymborski J., Ratynska J. (2001) Project of the countrywide data collecting system for neonatal hearing screening programme in Poland. *Scand Audiol Suppl.*, vol. 52, pp. 197–8.
9. NCHAM [Electronic resource]. Available at: <https://www.infanthearing.org/earlychildhood/docs/pt-oae-screening-considerations.pdf>. Date of access: 01.03.2019.
10. Piotr H. Skarzynski, Krzysztof Kochanek, Henryk Skarzynski (2011) Hearing Screening Program in School-Age Children in Western Poland. International Center of Hearing and Speech of the Institute of Physiology and Pathology of Hearing in Warsaw. *Kajetany The Journal of International advanced otology*, vol. 7, no 2, pp. 194–200.
11. Recommendations of American Speech-Language-Hearing Association, 2019. [Electronic resource]. Available at: <https://www.asha.org/advocacy/state/school-age-hearing-screening/> Date of access: 01.03.2019.
12. Horov O.G. (2006) *Rannyya diagnostika, lechenie i reabilitatsiya novorozhdennih i detei mladshego vozrasta s narusheniem sluha* [Early diagnosis, treatment and rehabilitation of newborns and young children with hearing impairment]. *Metodicheskie rekomendatsii* [Methodical recommendations]. Grodno: GrGMU.
13. WHO [Electronic resource]. Available at: <https://www.who.int/deafness/world-hearing-day/WHO-2019-infographic-RU.pdf?ua=1>. Date of access: 01.03.2019.
14. WHO [Electronic resource]. Available at: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>. Date of access: 04.03.2019.
15. WHO [Electronic resource]. Available at: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/108962/E88698R.pdf. Date of access: 04.03.2019.